植物防疫研討會專刊　95～120 (1997)

害蟲生物防治之回顧與展望*

羅　幹　成

台中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所

摘　　要

本文僅就搜集所得有關我國及世界各國從事生物防治之成就報告，依綿蚧、粉蚧、蚧蟲、粉蝨、葉蟬和木蝨、蚜蟲、薊馬、椿象、鱗翅類、鞘翅類、雙翅類、膜翅類及葉蟎等十三類分別簡敘其生物防治成果。另就臺灣和各主要國家之農作害蟲生物防治成果再予重點式列舉，特別對中國大陸之生物防治工作有較詳實的介紹，並列舉說明生物防治之投資和獲利之比值。最後以作者之意見，提出臺灣將來可以從事生物防治之作物、對象害蟲及可引進之天敵種類，供讀者參考指正。

(關鍵詞：生物防治、作物、對象害蟲、引進天敵)

緒　　言

生物防治並非新興的害蟲防治技術，早在數千年前，我國即有「以蟲治蟲」的技術記載：當時是在柑橘園內利用捕食性螞蟻防治柑橘上的害蟲，為了使螞蟻分散到每株柑橘樹，農民利用竹桿將柑橘樹相連，使全園柑橘都受螞蟻的保護[97]。在殺蟲劑尚未流行的漫長的年代，我們的遠祖，仍然辛勤地運用一切非化學藥劑的防治方法，達到作物害蟲防治的目標。

根據學者之記錄，自1940至1990這50年間，世界各國農藥使用量急速增加了10倍以上，但作物因害蟲危害之損失竟不減反增，由7%增至13%，此項數據[89]，值得我們深思和反省。抗藥性的害蟲種數自1954年的10種至1985年增為432種[77]。據聯合國1980年統計，全世界每年有200萬人因農藥中毒，其中大約有4萬人因而死亡，發展中國家此一問題尤為嚴重[20]。但事實上，一個世紀以來，生物防治的成就，確是令人值得鼓舞的。據加州大學Hagen博士的記載，一世紀以來，加州自世界各地引進各種天敵，對作物上60種主要害蟲達到完全的生物防治效果，另外60種害蟲也有顯著的防治成效；對其它40種害蟲則有部份防治效果。臺灣

---

* 本文轉載自植物保護學會會刊第39卷第1期。

近一世紀來共引進約40種天敵，完全成功者5項，佔13%，立足並有顯著成效者14項，佔36%，失敗者20項，佔51%(89)。證明了天敵的引進可發揮神奇抑制害蟲的成效。其實生物防治是綜合防治的重要環節，如要盡量減少施用具有毒性之殺蟲劑，有益天敵的開發利用和保育是關鍵所在。現在我們有必要回顧早期生物防治之歷史，或可帶給我們許多啟示和增加我們對生物防治之信心，並指引我們一條正確的發展方向。

害蟲生物防治成功實例的回顧

1. 吹綿蚧(*Icerya purchasi*)生物防治

美國加州早在1880年代，柑橘遭受吹綿蚧嚴重的危害，尤其在南加州，幾乎造成毀滅性的傷害，當時施用各種藥物包括氰化物燻蒸劑防治，效果甚微，但花費則極為可觀。1888年美國農部特派昆蟲學家Albert Koebele赴澳洲採集其天敵澳洲瓢蟲(*Rodolia cardinalis*)，採獲524隻寄回加州，隨之即在南加州飼育繁衍，並經許多自願果農、昆蟲飼育室、政府工作者和研究人員之努力，很快地將此瓢蟲繁衍及釋放，釋放後經數週，柑橘園之吹綿蚧即被抑制至微量程度，經過一年之後，全加州柑橘園內竟找不到吹綿蚧的蹤跡，不但加州如此，其他各州之柑橘也因此瓢蟲的快速散佈獲得了益處。由於此天敵在美國的神奇表現，此後此天敵陸續由美國再被引進至50個以上的國家，防治此一世紀大害蟲－吹綿蚧，均獲得極為顯著的成效(89)。臺灣是由素木得一氏於1909年自紐西蘭引進澳洲瓢蟲，隨之立足，並發揮對吹綿蚧強大的捕殺功能，使原為極重要的吹綿蚧一變而為微不足道的害蟲(18,64)。美國為了紀念澳洲瓢蟲引進一百周年，特於1989年3至4月間舉行一連串的研討會，除討論澳洲瓢蟲生物防治之成就外，同時也發表介殼蟲、粉蝨、蚜蟲和葉蟬之生物防治之成果報告(89)。其實對吹綿蚧之防治，有兩種次要天敵亦應加以記述，即在美國加州尚未引進澳州瓢蟲之先，澳州昆蟲學者Frazer Crawford曾於1866年將其發現吹綿蚧的另一種天敵－吹綿蚧寄生蠅(*Cryptochaetum iceryae*)寄給了美國農部的 Riley 博士，經繁衍釋放，很快即在加州立足，亦能有部份的防治效果(89)。另一種是小紅瓢蟲(*Rodolia pumila*)，分布於臺灣、中國大陸東南沿海諸省及小笠原群島，此瓢蟲在澳洲瓢蟲尚未引進之前，對吹綿蚧亦能發揮相當大的抑制效果，而自澳洲瓢蟲引進之後，常相伴出現將零星之吹綿蚧快速加以控制(18,34,64,66)。

2. 粉蚧類(Pseudococcids)生物防治

粉蚧類亦為世界性農林植物之重要害蟲。美國於1891-92年間自澳洲引進蒙氏瓢蟲(*Cryptolaemus montrouzieri*)防治柑橘粉蚧(*Planococcus citri*)，可達到局部性的防治效果，由於此瓢蟲之分散力較弱，故美國在加州Fillmore之養蟲室內大量生產此瓢蟲，成為商品已達80年之歷史，在柑橘粉蚧發生季節作全面數千公頃之釋放，防治效果甚佳(76,89,90)。此瓢蟲也被引入許多國家防治不同作物上的粉蚧，都有相當不錯的成效；如1902年澳洲自新威爾斯將此瓢蟲引進澳洲西部防治柑橘粉蚧，結果完全成功(76)；1909年素木得一在引進澳洲瓢蟲

之同時，亦自紐西蘭引進了蒙氏瓢蟲到臺灣，對臺灣柑橘粉蚧類亦具部份的防治效果(18,34)；1911年自美加州將此瓢蟲引入波多黎哥防治蔽蔭樹上的粉蚧(*Pulvinaria psidii*)；1920年自瓜哇將其引入婆羅洲東部的Celebes島防治咖啡粉蚧(*Phenococcus iceryoides*)也完全成功(76)；1931年又自加州引入智利防治柑橘粉蚧，亦有局部成效(76)；至1970年代此瓢蟲又被引進中國大陸防治作物的粉蚧，也達局部的效果，並且已經發展了商品化大量繁殖技術(74,97)。其實早在1980年代之初期，臺灣省農試所已經開發了大量繁殖技術，由於此瓢蟲之擴散能力較差，如欲擴大利用此天敵，仍需依賴人為的繁衍和釋放(65)。

非洲樹薯是人民的主食，但在1980年代之前，樹薯粉蚧(*Phenacoccus manihoti*)危害極為嚴重，幸於1981年自南美巴拉瓜引進寄生蜂(*Epidinocaris lopezi*)，在非洲賴及利亞繁殖釋放，次年即已立足，至1983年即已散佈至釋放點100公里之範圍外，以後再擴大釋放，現已在10個非洲國家立足，分布在750,000平方公里的廣大地區，防治極為成功(80)。利用寄生蜂防治粉蚧成功的案例亦不少：如1922年美國夏威夷自墨西哥引進寄生蜂(*Pseudaphycus utilis*)防治酪梨、番石榴、無花果及桑樹上的酪梨粉蚧(*Nipaecoccus nipae*)，獲得顯著的防治成效(75,76)；1928年美國加州自澳洲引進寄生蜂(*Coccophagus gurneyi*)防治柑橘上的一種粉蚧(*Pseudococcus gohani*)，達到完全的防治(75,76)；1934-39年間埃及自瓜哇引進寄生蜂(*Leptomastix phenacocci*)以防治芙蓉粉蚧，獲得很顯著的成功(75,76)；1938年加拿大將其Nova Scotia地區的寄生蜂(*Allotropa utilis*)引入東部的Br. Columbia 地區防治蘋果粉蚧(*Phenacoccus aceris*)，可達完全防治的目標(75,76)；1939-41年間美國自日本引進兩種寄生蜂(*Allotropa burrelli*，*Pseudaphyius malinus*)，防治蘋果康氏粉蚧(*Pseudococcus comstocki*)，也達到了完全成功的目的(75,76)。臺灣有一種廣角跳小蜂(*Anagyrus sawadai*)，對粉蚧亦為重要的寄生性天敵(64,67)。

3. 其他蚧蟲生物防治

蚧蟲之種類甚多，為世界農作物共通性之主要害蟲，進行生物防治之研究事例甚多，成功的案例也最多。早在1905年紐西蘭自澳洲引進捕食性天敵(*Rhizobius ventralis*)，防治有加利樹上的藍膠蚧(*Eriococcus coriaceus*)，達到完全防治成功；1905年義大利自美國引進寄生蜂(Prospalt ella berlesei)，防治桑樹上桃白蚧(*Pseudaulacaspis pentagona*)，有極顯著之防治效果；1907年澳洲西部自美國加州引進寄生蜂(*Aphycus timberlakei*)，防治葡萄及李上的葡萄蚧(*Eulecanium persicae*)，達到顯著防治成效；1924-25年間美國加州自日本引進寄生蜂(*Comperiella bifasciata*)，防治柑橘黃蚧(*Aonidiella citrina*)，獲得甚佳的效果；1928年非吉自大溪地引進捕食天敵(*Cryptognatha nodiceps*)，防治可可椰子之可可椰子蚧(*Aspidiotus destructor*)，達到完全防治之成果；1937和1939年摩利求又分別自瓜哇及錫蘭引進瓢蟲(*Chilocorus politus*、*C. nigritus*)，防治可可椰子蚧，也獲完全成功；1955年葡屬西非又自大溪地引進C. nodiceps，防治可可椰子蚧，也獲完全成功；1930年左右紐西蘭自北美引進寄生蜂(*Habrolepis dulmani*)，防治榆樹蚧(*Asterolecanium variolosum*)，獲得顯著之成效；1936年美國夏威夷自關島引進捕食性天敵(*Telsimia nitida*)，防治可可椰子蚧(*Pinnaspis buxi*)，獲致顯著防治之成效；1938年英屬賽昔爾群島(Seychelles)，自印度引進瓢蟲(*Chilocorus nigritus*)，防治可可椰

子蚧(*P. buxi*)，也有滿意之防治效果；1937年美國加州自南非引進寄生蜂(*Metaphycus helvolus*)，防治柑橘黑蚧(*Saissetia oleae*)，可達很顯著之防治效果；1936年祕魯自美國加州引進三種寄生蜂(*Metaphycus lounsburyi*、*Lecaniobius utilis*及 *Scutellista cyanea*)，防治橄欖上的黑蚧(*S. oleae*)，也獲顯著成功；1937年美國加州自南美引進寄生蜂(*Metaphycus helvolus*)，防治觀賞植物上的另一種黑蚧(Saissetia nigra)，效果也極為顯著；1948年美國加州從伊朗引進寄生蜂(*Aphytis maculicornis*)，防治橄欖，落葉果樹、觀賞植物上的橄欖蚧(*Parlatoria oleae*)，防治效果極佳；1948年日本將Kyushu 地區的寄生蜂(*Anicetus beneficus*)引入Honshu、Shikoku地區，防治柑橘、柿、茶園之紅臘蚧(*Ceroplastes rubens*)，完全成功；1952年美國德州自加州引進寄生蜂(*Aphytis lepidosaphes*)，防治柑橘紫蚧(*Lepidosaphes beckii*)，達到很滿意的防治效果；1954-56年間墨西哥自美國加州引進寄生蜂(*Aphytis lepidosaphes*)，防治柑橘紫蚧，亦獲極顯著之成效；1956年以色列自香港引進寄生蜂(*Aphytis holoxanthus*)，防治佛州紅圓蚧(*Chrysomphalus aonidum*)，達到完全防治效果。1947年美國加州曾分別自中國及印度和巴基斯坦引進兩種寄生蜂(*Aphytis lingnanensis*及*A. melinus*)，防治加州紅圓蚧(*Aonidiella aurantii*)，有部份之防治效果[75, 76]，但最近發現A. melinus已佔優勢，並逐漸對加州紅圓蚧發揮了強大之抑制效果，已大量生產為商品，在加州南部釋放廣達28,000英畝，有完全取代藥劑之效果(89)。1970年代澳洲自美國加州引進寄生蜂(*Aphytis lingnanensis*)，在昆士蘭對柑橘紅圓蚧(*A. aurantii*)之防治效果良好，且可與另一種當地寄生蜂(*Comperiella bifasciata*)共同抑制此種紅圓蚧，寄生率可達95%以上，可謂甚為成功[75]；1980年起法國利用寄生蜂(*Metaphycus helvolus*和*Diversineruur elegans*)，防治橄欖蚧(*S. oleae*)極為成功，使50,000株橄欖樹得到了完全保護[9]；中國大陸利用紅點唇瓢蟲(*Chilocorus kuwanae*)防治桑白盾蚧(*Pseudaulacaspis pentagona*)，衛矛短盾蚧(*Unaspis cuonymi*)、日本臘蚧(*Ceroplastes japonicus*)及橘綿臘蚧(*Pulvinaria aurantii*)，共進行了三次田間釋放和保護利用試驗，效果均極為優異，防治率均在 94%以上[40]；1962年希臘自美國加州引進四種寄生蜂以防治薔薇輪蚧(*Chrysomphalus dictyospermi*)、紅圓蚧(*Aonidiella anrantii*)和柑橘紫蚧(*Lepidosaphes beckii*)等嚴重危害之蚧蟲，*A. melinus*和*A. lepidosaphes*均在希臘立足，並發揮了有效的抑制功能；同年希臘又自美國加州引進寄生蜂(*Aphytis (M.) helvolus*)防治油橄欖盔蚧(*S. oleae*)，立足成功，並具顯著的防治功效[26]。據Greathead & Waage 在19 83之評估，祕魯對紅臘蚧生物防治的成功，每年可節省226,000美元的用藥費用，夏威夷蚧蟲生物防治成功，每年增產110,000美元；坦尚尼亞甘蔗蚧生物防治成功，每年可增產67,832美元[77]。

4. 粉蝨類(Aleyrodids)生物防治

粉蝨類為近數十年逐漸嚴重的農林害蟲，除直接危害植物外，並可傳播毒素病，使植物嚴重受損，過去對其生物防治的案例不多。如1925年日本自中國引進一種寄生蜂(*Prospaltella smithi*)，以防治柑橘的黑刺粉蝨(*Aleurocanthus spiniferus*)，可以達到完全防治的程度。1930年古巴自馬來西亞引進寄生蜂(*Eretmocerus serius*)，防治柑橘黑粉蝨(*Alemocanthus woglumi*)，達到完全的防治效果。1952年關島自墨西哥引進兩種寄生蜂(*P. smithi*和 *Amitus*

hesperidum)防治柑橘黑刺粉蝨，效果也甚為顯著。1952年巴貝多自千里達引進寄生蜂(*Prospaltella* sp.)，防治可可椰子粉蝨(*Aleurodicus cocois*)，可達部份的防治效果。1934年澳洲自紐西蘭引進麗蚜小蜂(*Encarsia formosa*)，防治溫室粉蝨(*Trialeurades vaporariorum*)，效果非常顯著；同時塔斯馬尼亞也自紐西蘭引進麗蚜小蜂，防治溫室粉蝨，防治效果亦甚顯著；此後麗蚜小蜂成為溫室栽培作物上粉蝨的唯一選擇之天敵，目前已超過20個國家商品化生產此小蜂並廣為應用，成效均獲得信賴[75,76]。中國大陸是在1986年自英國引進此小蜂，防治溫室粉蝨，效果甚佳，亦發展所謂五室繁殖麗蚜小蜂商品生產的技術，並予推廣應用[42,51]；臺灣於1988年發現溫室粉蝨侵入，同年即引入此小蜂予以防治，但並未正常立足[33,65]，進一步發現溫室粉蝨已被本地小蜂(*Encarsia* sp.)所寄生，因此發生甚為稀少。

在1970年代，螺旋粉蝨(*Aleurodicus dispersus*)侵入夏威夷，為害果樹及行道樹非常嚴重，他們自中美洲引進兩種蚜小蜂(*Encarsia haitiensis* (?)和*E. quadelopupae*)及數種小瓢蟲，經過一年，此種螺施粉蝨竟神奇地被完全控制，防治效果極為成功。1989年螺旋粉蝨被發現侵入臺灣，被害植物達一百餘種，原僅出現於臺灣南部，兩年之後，已遍佈全省各地，1990年曾自夏威夷引進兩種瓢蟲(*Nephaspis annicola*和*N. bicolor*)，但均無任何效果[65]，1995年12月又自夏威夷引進兩種小蜂(*Encarsia haitiensis* (?)和*E. quadelopupae*)，於1996年在臺灣中部、南部、東部分別釋放，初步在中部及南部兩種小蜂都已經立足，預計應能發揮抑制螺旋粉蝨的效果。

近年來臺灣普遍發生銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii*)為害蔬果及花卉等作物，有逐步嚴重之勢，農試所發現有3種寄生蜂天敵，其中以東方蚜小蜂(*Erectocerus orientalis*)最具利用價值，正從事大量繁殖中。農試所近數年來在一、二百種植物上搜集得粉蝨種類近百種，其寄生性天敵亦達80種以上，證明本省天敵資源甚為豐富。

5. 葉蟬和木蝨生物防治

這兩類昆蟲均屬吸收式口器，多為病媒昆蟲，可傳播植物系統性的疾病。有關其生物防治的案例更少，最早的生物防治成功的例子是1904年美國夏威夷自澳洲引進寄生蜂(*Aphanomerus pusillus*)，防治咖啡、檬果、柑橘等上的木蝨(*Siphanta acuta*)，達到很顯著的防治效果。1932- 34年間紐西蘭自歐洲引進捕食天敵(*Neoleueopis obscura*)，以防治松木蝨(*Pineus borneri*)，防治有部份效果。1940年代美國夏威夷自菲律賓引進捕食性天敵(*Cyrtorhinus fulvus*)，防治芋葉蟬(*Tarophagus proserpina*)，成效甚佳；1947年關島又自夏威夷引進此捕食天敵防治芋葉蟬，效果亦甚顯著；1947年Ponape自關島引進此天敵防治芋葉蟬，則效果略差，有部份之防治效果；1935年塔斯馬尼亞自紐西蘭引進寄生蜂(*Anagrus armatus nigriventris*)，防治蘋果葉蟬(*Typhlocyba froggatti*)，有部份防治效果[75,76]。1947-48年間，臺灣屏東地區甘蔗嚴重發生甘蔗葉蟬(*Perkinsiella saccharicida*)危害，後來在萬丹發現一種盲椿象(*Cyrtorhinus mundulus*)，加以繁殖釋放，發揮了甚好的防治功效[56]。此天敵在澳洲、非吉、瓜哇及菲律賓亦有分布，曾將其引入夏威夷防治此葉蟬，也獲得成功。1983年臺灣自Reunion島引進寄生蜂(*Tamarixia radiata*)，以防治柑橘木蝨(*Diaphorina citri*)，釋放於月橘上，全島均已立足，

經評估確有顯著防治月橘上柑桔木蝨之效果[33,65]，但對柑橘上的木蝨是否有效，尚需長期之觀察和評估，而間接對柑橘立枯病之減低效果如何，仍待評估。

6. 蚜蟲(Aphids)生物防治

蚜蟲類一直都是農林植物重要的害蟲，除直接為害，產生蜜露，誘生煤煙病，影響光合作用之外，更能傳播許多毒素病。其天敵種類繁多，但均因出現較晚，失去防治先機，損害既已造成，雖可予以防除，為時已晚，雖然如此，仍有多種作物之蚜蟲藉由天敵的引進釋放予以有效防治，而達到減少施用藥劑，甚至完全不需藥劑即可有效防治之結果，現舉例說明如後[89,90,91]。

①核桃蚜蟲(*Chromaphis juglandicola*)：原產自歐洲及中東地區，此蚜蟲侵入美國加州已超過一個世紀之久，侵入不久即成為核桃產業的致命害蟲，早期全賴化學殺蟲劑防治，後來因藥劑頻繁使用，產生了許多副作用。1960年Bosch氏從法國引進寄生蜂(*Trioxys pallidus*)，很快便在暖和的南加州沿海地區立足，遂將高密度的核桃蚜蟲予以抑制，但此寄生蜂不能在乾而熱的核桃主要產地－San Joaguin Valley 立足。然後Bosch 氏又從伊朗中部引進另一品系的同種寄生蜂，於1968年釋放在加州核桃主要產區，至1970年此蜂已在加州中北部核桃產區全面立足，面積廣達50,000 平方哩。至1971年T. pallidus已將核桃蚜蟲予以有效抑制，蚜蟲被寄生率可達90%。

②蘋果粉蚜(*Eriosoma lanigerum*)：蘋果粉蝨原產於美國東部，危害多種溫帶果樹，多在榆樹上產卵越冬。在美國有寄生蜂(*Aphelinus mali*)之抑制，故在美國沒有問題，但在許多國家此蚜蟲問題甚嚴重，如1920年將此寄生蜂引入法國，1921年引進紐西蘭都發揮了完全的防治效果，至1934年，竟有38個國家引進此蜂，並且均已立足，至1978年更增加為51個國家引進，並在其中42個國家立足。

③豌豆蚜(*Acyrthosiphos pisum*)：此蚜蟲約在1800年代即侵入了北美，對豌豆及苜蓿危害嚴重。1958年自印度引進寄生蜂(*Aphidius smithi*)，經三年之飼養，得200,000隻成蜂，隨即加以釋放於加州、科羅拉多州、太平洋西北部各州及東部許多州，均已立足，但因此蜂在冬季無滯育之特性，故在美國北部立足極為困難，最近將一種具有滯育特性之寄生蜂(*Aphidius ervi*)引進，此蜂不但對豌豆蚜有抑制效果，並對藍苜蓿蚜蟲(*Acyrthosiphon kondoi*)也具防治效果。

④苜蓿斑點蚜(*Therioaphis trifolii*)：此蚜蟲在為害之同時，可分泌大量蜜露，並且自唾液腺分泌有毒物質使苜蓿大量死亡，造成作物損失極為慘重。北美洲首先於1954年發現此蚜蟲是在新墨西哥，很快擴散至加州，1957年竟分布至全美國。美國遂向西歐、地中海東部地區、中東、印度和巴基斯坦尋求天敵，計發現三種寄生蜂(*Praon exsoletum*、*Aphelinus asychis*、*Trioxys complematus*)，其中*T. complanatus*被發現於伊朗和伊拉克，該地之氣候條件與加州中部各地相似，故以此種為優先引進釋放的對象。然三種均能在加州立足，並能至亞利桑那州立足，並發揮部份的防治效果。1977年澳洲昆士蘭首先發現此蚜蟲，僅一年快速擴散至澳洲東南部所有苜蓿栽培區，牧場受損嚴重。1978年立刻自美國引進上述三種天敵，和幾種蚜

霉菌，很快便立足，對苜蓿斑點蚜蟲加以有效抑制，以後又以抗蟲育種而全面解決了此蚜蟲問題。

⑤菩提樹蚜蟲(*Eucallipterus tiliae*)：此蚜蟲出現北美應超過50年歷史，經此蚜蟲危害，常使樹葉提前脫落，並且蚜蟲分泌大量蜜露，1970年分別從法國和義大利西南部引進一種寄生蜂(*Trioxys curvicaudus*)，釋放於Berkeley 地區，隨即立足，次年春季又在San Jose釋放，亦立足，各處之表現均佳，均能將蚜蟲抑制在美學損害之標準之下，蚜蟲密度均維持在很低的狀況。

⑥榆樹蚜蟲(*Tinocallis platani*)：此蚜蟲可能是由歐洲傳入美國，常致樹葉提前脫落，並有大量蜜露。1972年自捷克引進寄生蜂(Trioxys *tenuicaudus*)，釋放於Berkeley地區，至1974年已經立足，並且寄生率達到28%，自此居民抗議大減，由於此蚜蟲甚少出現有翅型，故寄生蜂分散亦較緩慢。

⑦溫室栽培作物蚜蟲：1979年芬蘭首先利用食蚜癭蚊(*Aphidoletes aphidimyza*)在溫室內防治作物上的蚜蟲，因其於1978年已建立了此癭蚊的商品化生產，其對蚜蟲之防治效果甚佳，故丹麥、法國、蘇聯、加拿大等國爭相採用此一防治方法(72)。1986年中國大陸自加拿大引進此癭蚊，並進行溫室及棚內釋放(按1：20益害比)，以防治蔬菜桃蚜，效果甚佳。釋放後第10天蚜蟲即減少86.4%，以後蚜蟲逐日下降，全期均不需施用殺蟲劑(43)。

⑧甘蔗綿蚜蟲(*Ceratovacuna lanigera*)：臺灣曾利用本地的十三星大瓢蟲(*Synonycha grandis*)防治甘蔗綿蚜蟲，是以玻璃盅內壁圍以白色硬紙，飼以甘蔗綿蚜或黃蚜蟲(*Aphis sacchari*)，或餵以竹筍蚜蟲(*Oregma bambusicola*)，竹葉蚜蟲(*Trichoregma bambusifoliae*及 *Eratoglyphina bambusae*)為代用食餌，在溫室內繁殖。每天採集瓢蟲卵塊，以初孵化出來的幼蟲釋放，或以成蟲釋放，每公頃釋放幼蟲量為1,000～6,000頭，成蟲則為200～800頭，成效甚佳，可不必施用藥劑防治。臺灣糖業研究所曾於1924年自越南引進東京赤星瓢蟲(*Coelophora saucia*)，已在臺灣立足，並且可以捕食甘蔗綿蚜及其他蚜蟲(56)。

臺灣曾於1970年代與美國合作進行柑橘、蔬菜、煙草蚜蟲之生物防治，獲得寄生蜂及捕食性天敵種類甚多，分別為23及34種，天敵雖多，但均因出現較遲，而失去防治之先機，雖至終可將蚜蟲消滅，但已失去生物防治之價值(100)。

中國大陸近年來也曾利用十三星大瓢蟲、七星瓢蟲(*Coccinella septempunctata*)、龜角紋瓢蟲(*Propylaea japonica*)及大草蛉(*Chrysopa septempunctata*)，防治甘蔗綿蚜蟲、棉花蚜蟲及蔬菜蚜蟲之報導，效果均佳，但尚缺乏大面積多年之評估資料。對各種主要瓢蟲及草蛉，均已發展人工繁殖之技術(3,32,35,52,53,55,57)。

7. 薊馬(Thrips)生物防治

薊馬是近年來才獗起的害蟲，以往生物防治案例不多，僅就搜集所得的文獻例舉如下。

①古巴月桂薊馬(*Gynaikothrips ficorum*)：此薊馬原分布於地中海地區，北、中、南美洲之熱帶及亞熱帶地區、西印度群島及菲律賓。夏威夷於1964年首先發現此害蟲，榕樹是其最愛好的寄主，也可為害一些常綠植物及柑橘類，對公園觀賞植物、行道樹危害甚重，常使嫩

葉嚴重落葉。當夏威夷發現此害蟲，即刻自亞利桑那州引進小花椿(*Orius tristicolor*)，但並未立足，1964年又自菲律賓引進另一種花椿(*Montandoniola moraguesi*)，分別釋放於Oaku及Kauai二島，很快便在此二島上立足，次年並擴展至其他各島，如Maui、Molokai及Hawaii諸島(這些島嶼並未釋放此天敵)，已發揮了生物防治之效果。在美國加州釋放此天敵，並未立足[75]。本省亦有此薊馬，普遍為害榕樹，應就近自菲賓律引進此天敵加以利用。

②紅帶薊馬(*Selenothrips rubrocinctus*)：此薊馬亦為熱帶及亞熱帶分布的害蟲，主要寄主是可可樹，但對番石榴、腰果樹、檬果樹及熱帶杏樹等亦可為害。此害蟲常可使可可減產達50%以上，尤其在加勒比海地區危害尤甚。千里達於1935年自非洲黃金海岸引進一種釉小蜂(*Dasyscapus parvipennis*)，至1942年發現已經立足，在1942-43年間，其寄生率可達30%，但在半開放的溫室內，其寄生率可高達100%。波多黎各和牙買加於1936年自千里達引進，雖然也可立足，但效果並不顯著。夏威夷、美國及格瑞拉達曾引進，惜未立足[75]。

③蔥薊馬(*Thrips tabaci*)：蔥薊馬是世界性分布的害蟲，主要為害蔬菜，在夏威夷記載可傳播鳳梨的黃點毒素病(*Yellow spot virus*)，夏威夷分別於1930年自加州引進寄生蜂(*Ceranisus russelli*)，及1931年自菲律賓引進寄生蜂(*C. femoratus*)，均告失敗，最後於1932-34年間引進寄生蜂(*C. brui*) 44,106頭，釋放於夏威夷群島中的四個主要島嶼，終於此寄生蜂在夏威夷立足，但成效並未作進一步評估[75]。

④溫室作物薊馬(*T. tabaci*)：溫帶及寒帶國家的溫室栽培作物常發生薊馬危害，種類仍以蔥薊馬為主，長期以來均以商品化之捕植蟎(*Amblyseius cucumeris*)予以有效抑制，成效均值得信賴。近年來又開發出多種天敵如巴克氏捕植蟎(*Amblyseius barkeri*)和馬氏捕植蟎(*A. mckenziei*)，及多種小黑花椿(*Orius* spp.)如*O. insidiosus*、*O. tristicolor*、*O. albidipennis*、*O. laevigatus*、*O. majusculus*[21,22,28,47]等。近來農試所發現本地的一種曹氏小黑椿(*O. sauteri*)可予利用，正從事大量飼育及利用試驗中。最近加拿大已經成功開發大量繁殖小黑椿(*O. insidiosus*)之技術，學者都認為此類天敵將是未來農作物害蟲的剋星[89]。

8. 椿象(Pentatomids)生物防治

利用天敵成功防治椿象的案例不多，僅就國外及國內二例報導如下：

①綠椿象(*Nezara viridula*)：綠椿象是世界性分布的害蟲，危害作物甚廣，包括蔬菜、果樹、糧食作物及觀賞作物。澳洲於1916年首先發現此害蟲，於1933年自埃及引進卵寄生蜂(*Trissolcus basalis*)，1934-36年間釋放於西澳，1935-37年間釋放於新南威爾斯，並繼續此一釋放工作直到1943年止，此天敵已在所有綠椿象發生地區立足，1952-53年間自西印度群島、1961年自巴基斯坦、1963年自日本分別引進此天敵不同之品系，但僅巴基斯坦品系之天敵可以立足。又自1941-53年分三批從佛羅里達引進寄生蠅(*Trichopoda pennipes*)，釋放之後立足並不理想。然而卵寄生蜂之表現極為出色，在西澳、南澳及新南威爾斯均達完全的防治成效，內陸雖然初期效果不佳，但自從引進巴基斯坦品系之後，即能發揮理想的抑制綠椿象之功能[75,76]。

紐西蘭於1944年首次有綠椿象的記錄，但很快速發展成為非常嚴重的害蟲，證明是與澳

洲相同之*Smaragdula*品系，故於1949年自澳洲引進卵寄生蜂(*T. basalis*)，隨即釋放，很快便立足。寄生蠅雖曾引進，但並未立足，到1950年便發現對綠椿象卵具有50%之寄生率，至1952年急增為90%，故達到非常好的防治效果。夏威夷在1961年發現*N. viridula smaragdula*，1962年自澳洲引進三種卵寄生蜂(*T. basalis*、*Xenoencyrtus niger*, *Telenomus* sp.)。1962年自Antigua和Montserrat引進寄生蠅(*Trichopoda pennipes pilipes*)，及另外兩種卵寄生蜂(*Ooencyrtus submetallicus*和*O. trinidadensis*)，最後於1963年自佛羅里達引進寄生蠅(*T. pennipes*)。經室內繁殖後釋放，發現自佛羅里達引進的*T. basalis*和*T. pennipes*及引自西印度群島的寄生蠅之*pilipes*品系均能立足。*T. basalis*最早在Oahu島立足，至1963年，其寄生綠椿象卵率高達94.9%。而*T. pennipes pilipes*之表現亦佳，其對若蟲之寄生率亦達40.9%，在各島之綠椿象之棲群密度大減至經濟為害水平之下，可說完全成功[76]。1983年臺灣中興大學蘇宗宏教授自夏威夷引進*T. basalis*，確已立足台灣，但未有繼續的評估資料[65]。

②角肩椿象(*Rhynchocoris humeralis*)：此柑橘害蟲分布於中國大陸、印度、緬甸、越南、泰國、菲律賓、印尼及臺灣。在臺灣發現卵寄生蜂有凹胸小蜂(*Anastatus formosanus*)、短卵蜂(*Telenomus* sp.)、細卵蜂(*Trissolcus* sp.)及釉卵蜂(*Tetrastichus* sp.)等四種。其中以凹胸小蜂和短卵蜂較重要。卵塊被寄生率達71%，卵粒被寄生率達57～100%，在田間具有甚為顯著防治角肩椿象之效果，且此椿象僅分布於臺中以北地區，其發生甚為零星，自然之生物防治已能有效控制此害蟲之發生[64]。

9. 鱗翅類(Lepidoptera)害蟲生物防治

農作物主要的害蟲多屬此類，故從事之生物防治研究案例相當的多，成功的生物防治例證也不少[75, 76]。

美國曾於1905～11年間自歐洲引進寄生蠅(*Townsendiellomyia nidicolor*)，防治東北部森林害蟲褐尾蛾(*Nymia phaeorrhoea*)，成效顯著；加拿大於1912-15年間自美國引進一種寄生蠅(*Campsilura concinnata*)及兩種小繭蜂(*Apanteles lacteicalor*及*Meteorus versicolor*)，以防治褐尾蛾，可達完全的防治效果；1915年美國佛羅里達州分別自古巴和秘魯引進寄生蠅(*Lixophaga diatraeae*及*Agathis stigmaterus*)，防治甘蔗螟蟲(*Diatraea saccharalis*)，可有部份之防治效果。西印度群島曾引進多種寄生蠅如*Lixophaga diatraeae*、*Metagonistylum minense*及*Paratheresia claripalpis*，防治甘蔗螟蟲，均達顯著的防治效果。美國於1929-30年間自日本引進寄生蠅(*Chaetexorista javana*)防治果樹的東方蛾(*Cnidocampa flavescens*)，具顯著防治效果。非吉在1925年自馬來西亞引進寄生蠅(*Ptychomyia remota*)，防治可可椰子蛾(*Levuana iridesceus*)，獲得完全成功；美國在1927-34年間自歐洲引進小繭蜂(*Apanteles solitarius*)以防治緞蛾(*Stilpnotia salicis*)，成效顯著。加拿大於1929-34年間自美國引進小繭蜂(*A. solitarius*)、另一種小繭蜂(*Meteorus versicolor*)及一種寄生蠅(*Compsilura cancinnata*)，以防治緞蛾，成效亦顯著。錫蘭在1935-36年間自瓜哇引進小繭蜂(*Macrocentrus hamonae*)，防治茶捲葉蛾(*Homona coffearia*)，可達完全防治成果。紐西蘭於1933年自北美引進蛹金蜂(*Pteromalus puparum*)，防治紋白蝶(*Pieris rapae*)，具顯著防治效果；紐西蘭、澳洲和印尼於1936-50年間，先後自英國、紐西

蘭引進姬蜂(*Diadegma cerophaga*)以防治小菜蛾(*Plutella xylostella*)，都具有顯著之防治效果；加拿大於1938-39年間自美國引進小繭蜂(*Agathis pumilus*)，防治落葉松袋蛾(*Coleophora laricella*)，成效顯著。加拿大於1937-39年間自英國引進兩種小繭蜂(*Apanteles harrisinae*和*Glypta haesitator*)防治豌豆蛾(*Laspeyresia nigricana*)，成效顯著。夏威夷於1942年自美國德州引進小繭蜂(*Apanteles marginiventris*)，另自日本引進黑卵蜂(*Telenonus nawai*)，防治草地夜蛾(*Spodoptera mauritia*)，效果顯著；同年夏威夷又自美國德國引進小繭蜂(*A. marginiventris*)，及另一種小繭蜂(*Meteorus laphygmae*)，以防治牧草夜蛾(*Spodoptera exempta*)，成效顯著。美國加州於1950-52年間自亞利桑那州引進小繭蜂(*Apanteles harrisinae*)，防治葡萄葉蛾(*Harrisina hrillians*)，效果顯著。加拿大於1954年自歐洲引進寄生蠅(*Cyzenis albicans*)，和姬蜂(*Agrypon flaveotatum*)防治冬蛾(*Operophtera brumata*)，成效顯著；紐西蘭於1957年自義大利引進小繭蜂(*Apanteles circumscriptus*)，防治橡樹潛蛾(*Lithocolletis messaniella*)，效果甚佳。夏威夷於1960年自加州引進小繭蜂(*Apanteles militaris*)，以防治牧草蛾(*Pseudaletia unipuncta*)效果甚優。1987年臺灣自夏威夷引進小繭蜂(*Cotesia erionotae*)和跳小蜂(*Ooencyrtus erionotae*)以防治香蕉挵蝶(*Erionota totus*)，立足且防治成功[65]。中國大陸利用一種小繭蜂(*Apanteles rubecula*)，防治十字花科蔬菜的粉蝶幼蟲，效果顯著[30]。對鱗翅類之生物防治中，赤眼蜂類(*Trichogramma* spp.)之利用，最具成效且推廣面積最大者，在1990年之記錄：蘇聯利用多種赤眼蜂防治玉米螟、麥切根蟲、棉鈴蟲、甘藍夜蛾及森林害蟲之面積廣達1700萬公頃[48]。中國大陸則利用赤眼蜂防治甘蔗螟蟲、玉米螟、稻縱捲葉蟲、柑橘捲葉蛾、棉鈴蟲、蘋果蛾、大豆毛蟲、蔬菜粉白蝶及松毛蟲之面積亦達200萬公頃[97]。墨西哥用以防治棉鈴蟲、玉米螟及各種夜蛾之面積達65萬公頃。美國用以防治棉花實夜蛾、玉米及大豆之夜蛾類、粉夜蛾類害蟲及玉米螟蟲等之面積約為35萬公頃。菲律賓僅利用在防治甘蔗螟蟲面積約20萬公頃。哥倫比亞用以防治甘蔗螟蟲、棉花夜蛾、甘蔗草螟、高粱、玉米草螟、大豆夜蛾、天蛾、西紅柿害蟲等面積約15萬公頃。臺灣用以防治甘蔗螟蟲及玉米螟蟲約3.5萬公頃。保加利亞用以防治歐洲玉米螟、甘藍夜蛾、煙草地老虎、李、蘋果小捲葉蛾、葡萄花翅小捲葉蛾、果蠹蛾、松梢捲葉蛾及其他森林害蟲面積約4萬公頃。印度利用以防治甘蔗禾草螟、棉鈴蟲、稻白禾螟、玉米禾螟、蘋果蠹蛾、椰子黑頭毛蟲等面積約5,000公頃。德國和瑞士利用以防治歐洲玉米螟各4,000公頃。南非用以防治柑橘小捲葉螟蛾面積為2500公頃。其他如義大利、澳洲、法國、伊朗、馬來西亞、羅馬尼亞、突尼斯、埃及等，均為小面積利用赤眼蜂，共約1000公頃，故全世界利用赤眼蜂防治害蟲之面積已超過2000萬公頃[39,48]。近年中國大陸從事麥蛾繭蜂(*Bracon hebetor*)防治倉庫鱗翅類害蟲成效顯著[36]。

10. 鞘翅目(Coeloptera)害蟲生物防治

鞘翅目害蟲之生物防治案例較少，成功案例也不多，但完全防治成功之案例卻不少。

1910年夏威夷自新幾內亞引進寄生蠅(*Lixophaga sphenophori*)，防治甘蔗象鼻蟲(*Rhabdoscelus obscurus*)，獲致滿意之效果。美國加州在1911-13年間自猶大州引進小繭蜂(*Bathyplectes curculionis*)，防治苜蓿象鼻蟲(*Hypera postica*)，效果顯著；美加州於1941年自

猶大州再引進此小繭蜂以防治埃及苜蓿象鼻(*Hypera brunneipennis*)，亦獲顯著成效；1916-17年間夏威夷自菲律賓引進兩種寄生蜂(*Campsomeris marginella modesta*和*Tiphia segregata*)，防治東方金龜(*Anomala orientalis*)，也獲得顯著成效。1917年毛利求島自馬達加斯加引進一種土蜂(*Scolia orgctophaga*)，防治甘蔗金龜(*Oryctes tarandus*)，效果顯著。賽班島於1940年自菲律賓引進土蜂(*Campsomeris annulata*)，以防治金龜子(*Anomala sulcatula*)，達到完全防治成功。南非於1926-27年間自澳洲引進纓小蜂(*Patasson nitens*)，防治有加利樹象鼻(*Gonipterus scutellatus*)，完全成功。紐西蘭在1927-30年間，也自澳洲引進此種纓小蜂防治有加利樹象鼻也獲得顯著成效。摩利求島於1946年自東非引進此纓小蜂防治此象鼻，也獲得完全成功。所羅門群島於1929年自瓜哇引進釉小蜂(*Tetrastichus brontispae*)，以防治可可椰子紅胸葉鼻(*Brontispa longissima*)，具顯著之防治成效；1983年臺灣則自關島引進上述釉小蜂，防治入侵之可可椰子紅胸葉鼻，獲得完全的成功[33,65]；1933年非吉自瓜哇引進寄生蜂(*Pleurotropis parvulus*)，防治可可椰子葉鼻(*Promecotheca reichei*)獲得完全成功。故美國康乃克州於1938年自非吉引進此寄生蜂，以防治可可椰子潛葉鼻(*Promecotheca papuana*)，亦獲得很顯著的防治效果。非吉於1933-34年間自瓜哇引進釉小蜂(*Pleurotropis parvulus*)，以防治可可椰子潛葉鼻(*Promecotheca coeruleipennis*)，防治完全成功。美國西部於1937-38年間自美國俄亥俄州引進蘆筍釉小蜂(*Tetrastichus asparagi*)，以防治蘆筍鼻(*Crioceris asparagi*)，獲致顯著成效[75,76]。中國大陸在金龜子蠐螬的生物防治上，亦在積極研究中[69]。

11. 雙翅目(Diptera)害蟲生物防治

雙翅目害蟲之生物防治以往重點均放在各種果實蠅及瓜實蠅上，近年來對一些作物的潛蠅亦作了一些生物防治之研究。

1913年夏威夷自澳洲及南非引進兩種寄生蜂(*Opius tryoni*及*O. fullawayi*)，以防治地中海果實蠅(*Ceratitis capitata*)，具有部份防治效果。1916年夏威夷又從印度引進寄生蜂(*O. fletcheri*)，防治瓜實蠅(*Dacus cucurbitae*)，僅有部份效果。1947年夏威夷又從馬來西亞、印度、婆羅洲引進寄生蜂(*O. oophilus*)，防治東方果實蠅(*Dacus dorsalis*)，成效甚為顯著。紐西蘭於1925-26年間，自法國引進寄生蜂(*Prosactogaster demades*)，以防治蘋果潛葉蠅(*Dasynerua mali*)，具部份防治效果，但此寄生蜂對梨潛葉蠅(*Dasynerua pyri*)效果則甚優。1936-39年間加拿大西部自英國引進兩種寄生蜂(*Chrysocharis gemma*及*O. ilicis*)，防治英國冬青樹之潛葉蠅(*Phytomyza ilicis*)，僅有部份防治效果。1938非吉自爪哇引進捕食性天敵(*Pachylister chinensis*)，防治家蠅(*Musca domestica*)，僅有部份效果。近二十年來，在溫室內已發展成功利用*Dacnusa*、*Diglyphus*和*Opius*三屬寄生蜂，進行對斑潛蠅之防治，成效甚佳，已可商品化生產，供溫室作物斑潛蠅防治之用[28,76,96]。

12. 膜翅目(Hymenoptera)害蟲生物防治

屬膜翅目的害蟲種類不多，生物防治之案例甚少，現例舉五例如下。

1910-13年間加拿大自英國引進姬蜂(*Mesoleius tenthredinis*)，以防治落葉松樹蜂(*Pristiphora*

erichsonii)，具顯著防治成效。1934-36年間西加拿大自東加拿大再度引進此姬蜂防治此樹蜂，也具甚佳防治成效。美國於1930年自奧地利引進小繭蜂(*Phanomeris phyllotomae*)，和釉小蜂(*Chrysocharis laricinellae*)以防治樺樹葉蜂(*Heterorthrus nemoratus*)，也有顯著防治效果。1934-39年間加拿大自歐洲引進寄生蠅(*Drino bohemica*)和姬蜂(*Exenterus vellicatus*)防治歐洲雲杉葉蜂(*Diprion hercyniae*)，效果亦優。1939-40年間加拿大又自英國引進兩種寄生蜂(*Collyria calcitrator*和*Pleurotropis benefica*)，以防治歐洲小麥莖鋸蜂(*Cephus pygmaeus*)，效果甚佳[75,76]。

13. 葉蟎類(Tetranychids)生物防治

葉蟎為近三十年來化學藥劑普遍施用後才猻起的農作物害物，雖可用殺蟎劑防治，但易生抗藥性[15,16,60,63,68]，藥劑似永難達長久的防治效果，故許多國家仍積極發展生物防治之方法，現將各案例略述如下。

美國加州為了防治草莓之二點葉蟎(*Tetranychus urticae*)，於1962年自加拿大引進智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis*)，加以大量繁殖，每星期每公頃釋放320,000隻，可達理想的防治效果。1988年澳洲則利用此捕植蟎配合藥劑的綜合防治法，可以達到有效而經濟之防治效果[98]。臺灣於1989年自美國加州引進智利捕植蟎，同時發展一套綜合防治之管理方式，並篩選及推荐對人畜和天敵均安全的選擇性殺蟲劑和殺菌劑，在田間實際應用效果甚為顯著[10]。保加利亞曾嚴重發生二點葉蟎和土耳其葉蟎(*Tetranychus turkestani*)，危害豆科植物、穀類作物和蔬菜類，為防治此二葉蟎，於1974年引進智利捕植蟎，經田間釋放，顯著將大豆、茄子、草莓上的葉蟎抑制，在濕度較高地區效果尤為明顯[78]。埃及的棉花曾遭瓜葉蟎(*T. cucurbitacearum*)和阿拉伯葉蟎(*T. arabicus*)嚴重危害，其原因是由於化學殺蟲劑將原有的天敵如棉捕植蟎(*Amblyseius gossipi*)和另一種捕食性蟎(*Agistemus exsertus*)予以毒害之故。1979年Elbadry研發一套保育天敵之綜合治理計畫，即篩選較安全之選擇性藥劑，棉田間作洋蔥及玉米，可降低葉蟎之發生，並促使捕植蟎棲群增加，使埃及棉花葉蟎獲得理想的防治效果[78]。中國大陸之棉田也曾利用兩種捕植蟎(*Amblyeius tsugawai*和*A. deleoni*)，防治棉花赤葉蟎(*T. cinnabarinus*)，因而使施藥次數從每年10次減至2次[97]。法拉斯捕植蟎(*Amblyseius fallacis*)為美國及加拿大分布的葉蟎天敵，美國利用此天敵防治蘋果之二點葉蟎及歐洲葉蟎(*Panonychus ulmi*)，並且育成抗殺蟲劑之品系，使成蘋果綜合管理體系之一員，效果甚佳，大幅降底防治葉蟎之費用[75]；該補植蟎曾被引入紐西蘭立足，但對葉蟎防治效果不能持久，似與地表植物無替代蟎類供作食物有關[46]。臺灣於1985年自美國密西根州引進法拉斯捕植蟎，曾釋放於高海拔地區來防治梨樹的二點葉蟎及歐洲葉蟎，立足良好且具顯著之防治效果，另外應用在桑樹、茶樹、木瓜、草莓、印度棗及溫室作物上均能發揮對葉蟎之抑制效果[61,62,65,88]；中國大陸引進此捕植蟎對蘋果歐洲葉蟎亦具顯著防治效果[2,17]。西方捕植蟎(*Typhlodromus occidentalis*)為西北美洲分布之重要天敵，在美國加州已育成對多種殺蟲劑具抗性品系，增加了此捕植蟎之利用作物範圍，如蘋果、桃、梨、葡萄、胡桃、杏樹等作物，可防治二點葉蟎、歐洲葉蟎、太平洋葉蟎(*T. pacificus*)、魏氏葉蟎(*Eotetranychus willamettei*

)，其防治效果均獲肯定[82]，曾於1972年引入澳洲並立足良好，在蘋果、桃樹大面積利用防治二點葉蟎及歐洲葉蟎，成效良好[70,75]，引入紐西蘭也已立足[46]。臺灣曾兩度引入該捕植蟎，但均未立足[33,65]，大陸引進在北部溫帶果園利用有成效[31,59]。梨捕植蟎(*Typhlodromus pyri*)則為西歐、英國、紐西蘭及北美分布之葉蟎天敵，對歐洲葉蟎具特效，亦育成抗多種殺蟲劑之品系，為歐洲和紐西蘭蘋果常用之葉蟎天敵[75]。芙蓉捕植蟎(*Euseius hibisci*)是美國加州柑橘及鱷梨之主要葉蟎天敵，在鱷梨上不必施藥，此捕植蟎即可將六點葉蟎(*Eotetranychus sexmaculatus*)予以有效抑制在極低之密度下，對另一種重要葉蟎(*Oligonychus punicae*)也具防治功效，在柑橘上，其多出現在未施藥或僅使用選擇性藥劑之果園，在春季，可有效抑制柑橘葉蟎(*Panonychus citri*)之發生，此捕植蟎對柑橘薊馬(*Scirthrips citri*)亦為重要的天敵[75]。*Amblyseius potentillae*分布於希臘、義大利及北非洲，其對歐洲葉蟎具有很好的防治效果，對二點葉蟎也可抑制，在桃樹上因已具備抗藥性，故對此二葉蟎可發揮顯著之防治效果[26,75]。溫氏捕植蟎(*A. womersleyi*)為亞洲及東南亞最常見之捕植蟎，前誤認為是長毛捕植蟎(*A. longispinosus*)，實際上，大部份均為溫氏捕植蟎，長毛捕植蟎出現極少，二者僅在第八背側剛毛有別，溫氏捕植蟎者與其他背側剛毛約同長，而長毛捕植蟎者則顯著較短，僅及其他背側剛毛之三分之一長[81]。神澤葉蟎(*T. kanzawai*)是其喜愛捕食的對象，但對二點葉蟎及其他葉蟎屬(*Tetranychus* spp.)的葉蟎均可捕食，曾在茶樹、桑樹及草莓上利用。防治葉蟎效果不錯[86,87,88]，現農試所已將其育成抗有機磷、氨基甲酸鹽及合成除蟲菊的品系，可供作物綜合管理利用，智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis*)首次由德國學者Dosse 於1958年自智利帶至德國，發現此捕智蟎對溫室作物上的葉蟎具有強大的防治效果，各國爭相引進利用，目前歐洲各國約有70～80%之溫室均採用此天敵，防治黃瓜、甜椒、茄子、草莓、菊花、玫瑰等作物上二點葉蟎，效果均極顯著，進一步並育成抗有機磷劑之品系，以增加其利用作物範圍[9,28,33,37,38,44,49,65,70,72,75,78]。除了在溫室利用智利捕植蟎之外，它被引至世界各國進行田間作物葉蟎之防治試驗，如美國、臺灣和澳洲在草莓上[79,88,99]，英國應用在觀賞作物如常春藤和牡丹[77]，日本應用在大豆上防治二點葉蟎[90]，美國應用在玉米上及忽布上防治二點葉蟎和玉米葉蟎(*Oligonychus pratensis*)[78,82]。

14. 生物防治之成本和收益

生物防治一旦成功，其收益常是遠遠超過所付出之成本，除了有形的經濟利益之外，因農藥的不用或少用，所造成的間接利益更是難以估算。1983年國際熱帶農業研究所的Greathead和Waage，曾以六個熱帶國家或地區之作物害蟲生物防治之成功，所衍生的經濟利益列於表一[77]，可為明證。

表一、國際熱帶農業研究所評估生物防治成本及收益

害蟲	國家	成本(美元)	每年收益	評估年份
Rufous scale	祕　魯	1, 789. 14	節省用藥費用 226, 916	1997
Barnacle scale	夏威夷	—	每年增產 110, 000	1974
Sugarcane scale	坦尚尼亞	11, 975. 88	每年增產 67, 832	1974
Sugarcane borers	巴　西	每年每公頃 9. 54	每年每公頃 48. 15	1979
Coconut leafminer	史利蘭卡	35, 782. 95	每年減少被害 11, 400, 000	1977
Potato tuber moth	尚比亞	35, 731. 66	自1974～80 預估547, 559	1974

15. 溫室作物害蟲生物防治之應用和進展

根據1987年荷蘭 Dr. Lenteren 之報告，溫室進行生物防治起源於1968年，最早是利用智利捕植蟎防治二點葉蟎，然後於1970年起便利用蚜小蜂防治溫室粉蝨，至1979年增加了食蚜蠅及各種寄生蜂防治斑潛蠅之應用，至1982年又增加捕植蟎防治薊馬及輪枝菌防治蚜蟲和粉蝨的應用。天敵的生產單位從1968年的一個至1986年增為15個，利用天敵的國家從2個至1986年增加為18個，應用面積則從10公頃增至4000公頃(28,83)，詳如表二。近年來天敵工業化生產正在各國蓬勃發展中(95,101)。

表二、溫室生物防治應用之進展

	生產天敵的單位數	1968	1970	1973	1976	1979	1982	1986
		1	1	2	5	5	15	15
利用天敵國家數	*Encansia formosa*		3	3	9	11	15	18
	Phytoseiulus persimilis	2	2	3	11	11	15	18
	Aphidoletes aphidimgza					1	1	2
	Dacnusa, Opius and *Diglyphus*					1	3	8
	Amblyseius spp						1	3
	Verticillium lecanii						1	1
	應用面積 (公頃)[1]	10	325	540	1000	2040	2260	4000

1) 全世界溫室總面積約10,000～15,000公頃。

世界各國生物防治研究及應用之現況

(一)中國大陸農林害蟲生物防治現況

1. 農業害蟲生物防治近況

(1)赤眼蜂(*Trichogramma* spp.)之利用：利用蓖麻蚕(*Philosamia cynthia ricini*)、柞蚕(*Antheraea pernyi*)和外米綴蛾(*Corecyra cephalonica*)之卵供作各種赤眼蜂大量繁殖的代用寄主卵。更進一步研發人工卵成功飼育9種赤眼蜂，具有大量生產之潛力。防治對象是以甘蔗螟蟲類、玉米螟和松毛蟲類為主[4,7,8,24,29,71,84,85,92,94,97]。

(2)平腹小蜂(*Anastatus* sp.)之利用：利用蓖麻蚕之卵可大量生產此小蜂，亦可用人工卵繁殖此小蜂，釋放可有效防治荔枝椿象(*Tessaratoma papillosa*)[84]。

(3)金小蜂(*Dibrachys cavus*)之利用：以棉鈴蟲、玉米螟或水稻螟蟲之幼蟲繁殖金小蜂，將其釋放於收穫後棉鈴倉庫內，寄生棉鈴蟲之幼蟲，寄生率可達100%[97]。

(4)小繭蜂(*Bracon* spp.)之利用：(a) *Bracon nigrorufum*：被利用防治棉田的棉鈴蟲[92]。(b) *Bracon greeni*被利用防治為害膠蟲之一種臘蛾(*Eublemma amablis*)[92]。

(5)蚜繭蜂(*Aphidius gifueusis*)的利用：利用其防治蔬菜、煙草上的桃蚜[53]。

(6)草蛉(*Chrysopa* spp.)之利用：利用之種類包括有*Chrysopa septempunctata*、*C. formosa*、*C. phyllochroma*、*C. boninensis*和*C. sinica*。同時研發各種草蛉之大量人工繁殖之技術。防治對象有棉鈴蟲、棉蚜蟲、小麥蚜蟲、豌豆蚜蟲、葉蟎類及粉蝨類等害蟲[1,3,6,11,23,24,41,48,50,54,55,92,97]。

(7)瓢蟲(Coccinellids)之利用：利用之種類有 *Cryptolaemus mantrouzieri*(1955年引入)、*Coccinella septempunctata*、*Leis axyridis*、*Billia obscurosignata*、*Synonycha grandis*、*Chilocorus* spp.、*Propylaea japonica*、*Stethorus punctillum*、*Rodolia cardinalis*等。發展人工大量繁殖法，並進一步研究人工飼養繁殖各種瓢蟲，但僅在*C. septempunctata*上較成功。防治對象有各種作物上的蚜蟲、吹棉蚧、粉蚧、蚧蟲、粉蝨、木蝨及葉蟎等害蟲[13,14,19,27,32,35,40,45,52,57,92]。

(8)其他天敵之利用：(a) 1983年自美國引進捕食性椿象*Podisus maculiventris*，可以外米綴蛾大量繁殖，利用防治鱗翅類，鞘翅類及膜翅類害蟲[92]。(b) 利用倉庫次要害蟲*Cryptolestes turcicus*，使用潮濕長霉之麵粉大量繁殖，釋放至森林或果園，防治松樹、桃、桑樹之小蠹蟲[58,92]。(c) 利用引進及本土的捕植蟎(Phytoseiids)防治果園之害蟎，並在柑橘園種植藿香薊，可保育捕植蟎，對柑橘葉蟎(*Panonychus citri*)之防治很有利[2,13,17,31,38,44,49,59,74,100]。(d) 利用多種螳螂，並發展人工繁殖技術，大量生產，釋放於棉田可捕食棉田多種害蟲[73,93]。

2. 森林害蟲生物防治近況

(1)舟蛾卵跳小蜂(*Ooencyrtus* sp.)：可用柞蚕、蓖麻蚕卵大量繁殖，每生產1000頭，僅需0.86元人民幣，每公頃放蜂費約0.9元，可大面積釋放防治落葉松毛蟲(*Dendrolimus*

superans)[71,92]。

(2)黃紋平腹小蜂(*Anastatus* sp.)：可用代用寄主人工大量繁殖，對松毛蟲防治效果達81.6～97.3%，對舞毒蛾的寄生率達60～70%[71]。

(3)赤眼卵蜂(*Trichogramma* spp.)和黑卵蜂(*Telenomus* spp.)：均利用在對松毛蟲之防治[71]。

(4)管氏腫腿蜂(*Seleroderma guani*)：可以玉米螟、棉鈴蟲大量繁殖，以防治青楊天牛(*Saperda populnea*)和粗鞘雙條杉天牛(*Semanotubifasciatus sinoauster*)，放蜂比1：3防治青楊天牛，寄生率可達36.7～90.4%之間。林間大面積防治粗鞘雙條杉天牛，放蜂量50,250隻/公頃，寄生率可達70.5%[71]。

(5)寄生蠅(*Exorista eivilis*和*E. sorbillans*)：為松毛蟲和大袋蛾幼蟲之主要天敵，可大量繁殖，釋放可防治多種森林蛾類害蟲[71]。

(6)廣腹螳螂(*Hierodula patellifera*)：為廣食性捕食性天敵，利用於森林和棉花害蟲之防治，成效顯著，已研發有效的人工飼料，可使其產卵，其成份為：豬肝40克、蚜蟲粉20克、豆粉5克、蔗糖20克、海菜(agar)3克、酵母1克，加水100cc，攪拌混合均勻，將其加溫蒸製成糊狀，以此飼育螳螂之第一至三齡若蟲，至第四齡後，則除供此飼料外，需加飼以活蟲(如家蠅)[71,93]。

(7)花絨堅甲蟲(*Dastarcus longulus*)：為天牛幼蟲的天敵，對黃斑天牛具有良好防治效果，釋放樹之天牛的羽化率僅9.1%，而未釋放對照樹之天牛羽化率則高達62.4%[71]。

(8)小繭蜂(*Ontsina palliatus*)：多種天牛之幼蟲均可大量繁殖此天敵，釋放可防治松斑天牛(*Monochamus alternatus*)及其他天牛，效果甚為顯著[5,71]。

(二)蘇聯農林作物害蟲生物防治現況

1. 赤眼蜂(*Trichogramma* spp.)之利用：於1988年，放蜂面積達1,700萬公頃，防治對象包括森林害蟲及農業害蟲，如夜蛾、粉蝶、玉米螟、草地螟、豌豆蛀莢蛾等。更準備擴大使用範圍，已建立750條赤眼蜂機械化生產線，保證可消滅60～80%害蟲之卵，減少農藥使用2～3次，增加玉米、甜菜、甘蔗之產量[37,48,94]。
2. 麥蛾繭蜂(*Habrobracon hebetor*)之利用：是倉庫害蟲麥蛾、粉斑螟和印度螟蛾的主要天敵，人工大量繁殖技術早已建立，並且能大量生產，應用面積僅次於赤眼蜂，已達100萬公頃[37]。
3. 大量生產各種天敵：麗蚜小蜂(*Encarsia formosa*)防治溫室粉蝨；蒙氏瓢蟲(*Cryptolaemus montrouzieri*)防治粉蚧類；捕植蟎(*Amblyseius machenziei*)防治煙草薊馬；隱翅蟲(*Aleochara bilineata*)防治甘藍蠅幼蟲；智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis*)防治溫室作物葉蟎；食蚜癭蚊(*Aphidoletes aphidi myza*)防治溫室作物蚜蟲；普通草蛉(*Chrysopa carnea*)防治田間及溫室作物之蚜蟲和葉蟎[28,37]。

(三)澳洲農林害蟲生物防治現況[70]

1. 至1981年止，過去21年間共自國外引進天敵170種，防治害蟲19種，雜草13種。
2. 估計四種害蟲的生物防治計畫至本世紀末投資及收益之比較如下：(1)松樹蜂(*Sirex noctilio*)研究費與收益比為1：2.5。(2)白臘蚧(*Gascardia destructor*)研究費與收益比為1：1.6。(3)二點葉蟎(*Tetranychus urticae*)研究費與收益比為1：10.5。(4)紅圓蚧(*Aonidiella aurantii*)研究費與收益比為1：17.7。
3. 評估五種森林害蟲生物防治的效果：(1)1930年前對杉絨粉蚧(*Eriococcus araucaria*)及1931-1959年對鏈蚧(*Asterolecanium vaniolosum*)生物防治之效果大。(2) 1931-1959年對櫟蚜(*Myzocallis costanicola*)之生物防治之效果屬中等。(3) 1931-1959年對松綿蚜(*Chermes boerneri*)和1960-1981年對松樹蜂(*Sirex noctilio*)之生物防治效果較小。
4. 天敵引進防治害蟲成功實例計有下列的八項：(1)自伊朗引進三叉蚜繭蜂(*Trioxys complanatus*)防治苜蓿斑點蚜(*Therioaphis trifolii*)成功。(2)分別自美國和法國引進蚜繭蜂(*Aphidius ervi*)和蚜小蜂(*Aphelinus abdominalis*)防治藍綠蚜(*Acyrthosiphon kondoi*)成功。(3)自西班牙、希臘、摩洛哥引進纓小蜂(*Patasson lameerei*)和小繭蜂(*Microtomus aethiopoides*)防治苜蓿根象蟲(*Sitona humeralis*)成功。(4)自美國引進嶺南蚜小蜂(*Aphytis lingnanensis*)和跳小蜂(*Comperiella bitasciata*)防治紅圓蚧(*Aonidiella aurantii*)成功。(5)自美國、紐西蘭引進西方捕植蟎(*Typhlodromus occidentalis*)、智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis*)和梨捕植蟎(*T. pyri*)防治果樹之二點葉蟎(*T. urticae*)成功。(6)自巴基斯坦引進小繭蜂(*Apanteles ruficrus*)防治普通粘蟲(*Pseudoletia convecta*)成功。(7)自紐西蘭引進小繭蜂(*A. ruficrus*)另一品系防治東亞粘蟲(*P. separata*)亦甚成功。(8)自美國加州和阿根廷引進二種小繭蜂(*Conpidosoma kochleri*和*Apanteles sukandinus*)防治馬鈴薯塊莖蛾(*Phthorimaea opercullela*)成功。

(四)紐西蘭農業害蟲生物防治現況(46)

1. 70年代引進螟蛉絨繭蜂(*Apanteles ruficrus*)防治玉米粘蟲(*Mythimna seperata*)，使牧草和玉米之蟲害大為減輕，估計每年效益達50萬美元以上。
2. 引進智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis*)，防治葡萄、啤酒花、溫室豆類、茄子、瓜類、玫瑰、蘭花、木莓、草莓、獼猴桃、桃樹等作物上的二點葉蟎(*T. urticae*)，效果均佳。
3. 引進西方捕植蟎(*M. occidentalis*)防治蘋果葉蟎；麗蚜小蜂(*Encarsia formosa*)防治溫室西紅柿粉蝨，效果均優。

(五)法國農業害蟲生物防治現況(9)

1. 商業生產*P. persimilis*、*E. formosa*、*Dighyphus isaeae*，分別防治溫室內之葉蟎、溫室粉蝨和非洲菊斑潛蠅。
2. 商品化生產*Trichogramma maidis*，供防治歐洲玉米螟。
3. 利用人工飼料及合成飼料大量繁殖*Adonia 11 notata*瓢蟲，*Phryxe candata*、*Lixophaga diatraeae*兩種寄生天敵及*Chrysopa* sp.草蛉，以防治蚜蟲、蚧蟲及其他鱗翅類害蟲。

4. 1980年代起利用兩種寄生蜂(*Metaphycus helvolus*、*Diversineruus elegans*)，防治橄欖黑蚧(*Saissetia oleae*)，極為成功。

(六)希臘農業害蟲生物防治現況[26]

1. 1962年自美國引進兩種寄生蜂(*Aphytis melinus*和*A. lepidosaphes*)，以防治3種蚧蟲(*Chrysomphalus dictyospermi*、*Aonidiella aurantii*和*Lepidosaphes beckii*)，相當成功。
2. 1962年又自美國引進寄生蜂(*M. helvolus*)，防治橄欖黑蚧(*S. oleae*)，很成功。
3. 引進寄生蜂(*Aphytis* sp.)防治蚧蟲(*Quadraspidiotus perniciosus*)成功。
4. 引進寄生蜂(*Aphelinus mali*)防治蘋果綿蚜(*Eriosoma lanigerum*)成功。
5. 引進麗蚜小蜂(*E. formosa*)防治溫室粉蝨(*Trialeurodes vaporariorum*)成功。
6. 引進智利捕植蟎(*P. persimilis*)防治溫室作物的二點葉蟎(*T. urticae*)極成功。

(七)芬蘭農作物害蟲生物防治現況[72]

芬蘭農作物多為溫室栽培，故其害蟲有二點葉蟎、溫室粉蝨、蚜蟲和薊馬，故多分別利用智利捕植蟎(*P. persimilis*)、麗蚜小蜂(*E. formosa*)、食蚜癭蚊(*Aphidoletes aphidimyza*)及貝氏捕植蟎(*Amblyseius bakeri*)予以防治。

(八)發展中國家害蟲生物防治現況[20]

1977年起聯合國在全世界推行IPM計畫，已在60個國家的玉米、高粱、甘蔗、香蕉、可可、柑橘、花生、胡桃、蘋果、大豆和多種蔬菜上推行。其中有30%的大豆種植者已採行IPM計畫，使殺蟲劑減少使用達90%，在尼加拉瓜棉花應用IPM，每年約節省300萬美元的投資。

IPM的核心工作是在保護天敵、採用引種、大量繁殖、田間釋放、以及增加田間天敵數量。非洲樹薯粉蚧(*Phenacoccus manihoti*)，利用引進寄生蜂(*Epidinocarsis lopezi*)進行生物防治成功，使非洲之主食獲得極大的保障[80]。

(九)臺灣農作物害蟲生物防治之記錄

臺灣歷年來自國外引進天敵計有44種，成功者佔總引進種數的30.4%，若以成功與立足者合計，則佔全部引進種類數的47.8%，此一天敵引進立足和成功率與美國天敵引進成積極為近似[65]。現將成功和立足之案例按捕食性天敵和寄生性天敵分別列於表三及表四。

表三、捕食性天敵引進成功立足之案例

天敵學名	害蟲學名	輸出國(地)及時間	防治效果[1)]
Rodolia cardinalis	*Icerya purchasi*	紐西蘭 1909	C
Cryptolaemus montrouzieri	*Nipaecoccus filamentosus*	紐西蘭 1909	P
Coelophora saucia	*Ceratovacuna lanigera*	越 南 1924	P
Euglandina rosea	*Achatina fulica*	夏威夷 1959	P
Amblyseius fallacis	*Tetranychus urticae*	美 國 1985	S
Phytoseiulus persimilis (A)	*T. urticae*	美 國 1989	S
P. persimilis (B)	*T. urticae*	澳 洲 1990	S

[1)] C=Complete，S=Substantial，P=Partial。

表四、寄生性天敵引進成功立足之案例

天敵學名	害蟲學名	輸出國(地)及時間	防治效果[1)]
Lixophaga diatraeae	*Sugarcane borers*	古 巴 1959	P
Isotima javensis	*Scirpophaga nivella*	印 度 1961	P
Apanteles glomeratus	*Pieris rapae*	日 本 1974	P
Tamarixia radiata	*Diaphorina citri*	留尼旺島 1983	P
Tetrastichus brontispae	*Brontispa longissima*	關 島 1983	S
Trissolcus basalis	*Nazara viridula*	夏威夷 1983	P
Diadegma eucerophaga	*Plutella xylostella*	印 尼 1985	P
Cotesia erionatae	*Erionota totus*	夏威夷 1987	P
Ooencyrtus erionotae	*E. totus*	夏威夷 1987	P
Trichogrammatoidea bactae fumata	*Conopomorpha sinensis*	泰 國 1988	P

[1)]P＝Partial，S＝Substantial。

臺灣可資利用及發展生物防治之作物和害蟲

(一)茶捲葉蛾(*Homona coffearia*)：史利蘭卡曾於1935-36年間自印尼引進寄生蜂(*Macrocentrus homonae*)，達到完全防治之成果(25,75)。

(二)可可椰子蚧(*Aspidiotus destructor*)：1. 非吉於1928年自千里達引進捕食性天敵(*Cryptognatha nodiceps*)，達到完全防治成功(75)。2. Bali於1934年自印尼引進寄生蜂(*Aspidiotiphagus citrinus*)，防治效果顯著(75)。3. 摩利求於1937年自印尼引進瓢蟲(*Chilocorus politus*)，1939年再自史利蘭卡引進瓢蟲(*C. nigritus*)均達完全防治效果(75)。4. 西非於1955年自千里達引進*C. nodiceps*，防治亦完全成功(75)。

(三)桃白蚧(*Pseudaulacaspis pentagona*)：1. 義大利於1905年自美國引進寄生蜂(*Prospaltella berlesei*)，防治桑樹上桃白蚧，效果良好(75, 76)。2. 百慕達於1924年自義大利引進寄生蜂(*Aphytis diapidis*)，防治夾竹桃上的桃白蚧，具有部份防治效果(75,76)。3. 波多黎哥於1938年自古巴引進瓢蟲(*Chilocorus cacti*)，防治桑及木瓜上桃白蚧，效果顯著(75,76)。

(四)膠蟲(*Kerria lacca*)：為熱帶果樹之大害蟲，可利用臘蛾(*Eublemma amabilis*)防治，此蟲廣東有分布，並為膠蟲最重要天敵，臺灣可予利用(92)。

(五)叉角厲椿(*Eocanthecona furcellata*)：是雜糧和蔬菜害蟲的廣食性天敵，應可人工繁殖予以利用(12)。

(六)廣角跳小蜂(*Anagyrus sawadai*)：是粉蚧類本土性天敵，可發展大量繁殖技術，可供多種粉蚧的防治，以彌補蒙氏瓢蟲分散緩慢的缺點(67)。

(七)葡萄蚧(*Eulecanium persicae*)：西澳洲曾自美國引進寄生蜂(*Aphytis timberlakei*)，成效顯著(75)。

(八)黑扁蚧(*Saissetia nigra*)：美國曾於1937年自南非引進寄生蜂(*Metaphycus helvolus*)，防治觀賞作物之此蚧，成效良好(75)。

(九)豌豆蚜(*Macrosiphum pisi*)：美國加州曾於1958年自印度引進寄生蜂(*Aphidius smithi*)，防治豌豆蚜，效果甚優(75)。

(十)松斑天牛(*Monochamus alternatus*)：中國大陸利用一種繭蜂(*Ontsira palliatus*)，防治此天牛，具有顯著之成效(5)。

結　　語

從事生物防治最困難的是選擇對象作物及害蟲，這是需要具備深厚基礎研究作支持才能進行。而從事生物防治研究之同仁，需要有奉獻的精神，由於生態因子繁雜，費時費力，需要人工也多，效益評估不易，也不太容易寫出好的研究報告，需要有堅強的專業團隊，並配合不厭其煩地宣傳教育，才能真正落實。雖然如此，綜合管理是時代不可逆轉的趨勢，而生物防治即是綜合管理之基礎。我們已有許多前輩之生物防治之成果，盼能互相激勵，百尺竿

頭更進一步，再創生物防治的第二春。

引用文獻

1.丁岩欽、陳玉平 1986 中華草蛉對棉蚜與棉鈴蟲的捕食作用研究。生物防治通報 2(3)：97-102。

2.王宇人、李亞新、張乃鑫、姜瑞德 1990 應用偽鈍綏螨防治蘋果全爪螨之試驗。生物防治通報 6(3)：102-106。

3.王良衍 1981 用蜜蜂雄蜂幼蟲飼養大草蛉初步研究。昆蟲天敵 3(1-2)：26-29。

4.王承綸、王輝先、桂承明、路紅、伊英華、金國琛 1982 玉米螟赤眼蜂利用的研究。昆蟲天敵 4(3)：1-4。

5.王問學 1988 用斑頭陡盾繭蜂防治松墨天牛。生物防治通報 4(1)：18-20。

6.王韌、周偉儒、邱式邦 1987 中華草蛉人工貯存越冬及打破休眠的研究。生物防治通報 3(2)：55-60。

7.史光中、周運寧、趙復生 1982 米蛾飼養及利用技術的研究。昆蟲天敵 4(4)：1-8。

8.朱滌芳、謝以權 1983 米蛾飼養的改進。昆蟲天敵 5(2)：66-67。

9.弗龍，P 1986 作物害蟲的生物防治：法國農業科學研究院的研究方向。生物防治通報 2(1)：45-48。

10.李文台、羅幹成 1990 草莓二點葉蟎綜合防治之研究。中華昆蟲特刊第三號 125-136頁。

11.李映萍 1982 兩種草蛉的發生和利用初步研究。昆蟲天敵 4(1)：28-32。

12 李麗英、郭明昉、吳宏和、陳徽 1988 叉角厲蝽的人工飼料。生物防治通報 4(1)：45。

13.忻介六 1985 天敵昆蟲的增強問題。昆蟲天敵 7(2)：72-81。

14.呂永賢、張武軍、裴強、廖永忠 1983 龜紋瓢蟲生物學及飼養初步試驗。昆蟲天敵 5(1)：33-38。

15.吳子淦、林香如、羅幹成 1985 殺蟎劑對二點葉蟎及加州捕植蟎之選擇性。中華農業研究 34(4)：469-476。

16.吳子淦、羅幹成 1988 農藥對柑橘葉蟎、安平草蛉及黑卵蜂之毒性。植保會刊 30：371-378。

17.吳元善、柳玉蓮、張領耘 1991 應用偽鈍綏螨防治蘋果全爪螨初報。生物防治通報 7(4)：160-162。

18.邱瑞珍 1966 臺灣農作物害蟲之生物防治。臺灣植物保護工作昆蟲篇 11-22頁。

19.尚競元、胡素藍 1981 代用飼料飼養黑色瓢蟲 *Leis axyridis*。昆蟲天敵 3(1-2)：30-31。

20.周建正、申茂向 1990 發展中國家害蟲生物防治的一些動態。生物防治通報 6(1)：47。

21.周偉儒、王韌、邱式邦 1991 用黃豆芽作產卵植物繁殖東亞小花蝽。生物防治通報 7(1)：7-9。

22.周偉儒、張淑芳、張兆富、龍詩德 1986 用米蛾成蟲、米蛾卵和人工卵等飼養黃色花蝽。

生物防治通報 2(2)：62-66。
23.周偉儒、陳紅印、邱式邦 1985 用簡化配方的人工卵連代飼養中華草蛉。生物防治通報 1(1)：8-11。
24.周麗楚 1985 利用赤眼蜂防治棉鈴蟲－赤眼蜂種類選擇及其寄主的數量關係。昆蟲天敵 7(2)：63-69。
25.胡家儉 1966 茶樹害蟲。臺灣植物保護工作昆蟲篇 257-275頁。
26.胡萃 1988 希臘共和國農業害蟲的生物防治。生物防治通報 4(3)：142-144。
27.胡鶴齡、楊牡丹、裘學軍 1981 黑緣紅瓢蟲人工飼養的研究。昆蟲天敵 3(1-2)：15-22。
28.范賴特倫，J. C. 1987 世界溫室有害生物綜合治理概況。生物防治通報 3(3)：142-144。
29.馬安寧、張宣達、趙敬釗 1986 昆蟲人工卵制卵機的研究。生物防治通報 2(4)：145-147。
30.殷永升、常金玉 1984 微紅絨繭蜂生物學特性及其利用初步試驗。昆蟲天敵 6(4)：223-226。
31.張乃鑫、鄧雄、陳建鋒、曹振良、任慧玲、雷秀芬 1987 西方盲走蟎防治蘋果樹葉蟎的研究。生物防治通報 3(3)：97-101。
32.張英健、馮雁聲 1983 七星瓢蟲的小型飼養及散放效果。昆蟲天敵 5(2)：97-99。
33.陳炳輝、羅幹成 1991 臺灣害蟲與害蟎之生物防治。近年來臺灣昆蟲學之研究發展研討會專刊 127-136頁。
34.陶家駒 1966 柑橘害蟲。臺灣植物保護工作昆蟲篇 137-188頁。
35.許華香 1985 七星瓢蟲的垂直分布及治蚜應用研究。昆蟲天敵 7(4)：204-207。
36.黃信飛 1986 麥蛾繭蜂的應用研究。生物防治通報 2(2)：78-80。
37.華靜月 1991 蘇聯生物防治簡介。生物防治通報 7(1)：47-49。
38.郭玉杰、董慧芳 1987 變溫變濕對智利小植綏蟎發育和存活的影響。生物防治通報 3(1)：19-22。
39.陸慶光 1990 非洲赤眼蜂研究概況。生物防治通報 6(4)：188-189。
40.夏寶池、張英、沈百炎 1986 紅點唇瓢蟲生物學及其田間應用。生物防治通報 2(2)：70-74。
41.彭以坤 1985 釋放中華草蛉作為綜合防治橘全爪蟎的一項措施。生物防治通報 1(1)：2-7。
42.程洪坤、田毓起、魏炳傳、趙軍華、葉長青、魏淑賢、王錦禎、王若靜 1989 麗蚜小蜂商品化生產技術。生物防治通報 5(4)：178-181。
43.程洪坤、趙軍華、謝明、魏淑賢、宋興甫、王錦禎 1992 利用食蚜癭蚊防治保護地蔬菜桃蚜的試驗。生物防治通報 8(3)：97-100。
44.楊子琦、陶方玲、曹華國、陳鳳英 1989 應用智利小植綏蟎防治茶葉、蔬菜、花卉上葉蟎的效果。生物防治通報 5(3)：134。
45.楊建華 1985 龜紋瓢蟲人工飼養及其利用。昆蟲天敵 7(3)：137-142。
46.楊懷文、王進賢 1989 新西蘭生物防治概況。生物防治通報 5(3)：141。
47.楊懷文、程武 1985 用米蛾卵繁殖黃色螧初報。生物防治通報 1(1)：24。

48.葉正楚 1990 國外應用赤眼蜂防治農林害蟲情形。生物防治通報 6(2)：96-97。
49.董慧芳、郭玉杰、牛離平 1986 應用智利小植綏蟎防治溫室四種花卉上二斑葉蟎的研究。生物防治通報 2(2)：59-62。
50.劉佐政、崔永余、萬邦英、王承綸、崔德君、路紅、王國學 1990 榆樹縣應用松毛蟲赤眼蜂防治玉米螟的效果。生物防治通報 6(4)：148-150。
51.劉建軍、田毓起 1987 麗蚜小蜂的低溫貯存。生物防治通報 3(1)：4-6。
52.劉賀昌、秦蘭平 1987 河北省大批飼養七星瓢蟲防治棉蚜。生物防治通報 3(3)：138。
53.劉樹生 1985 蚜蟲的生物防治。生物防治通報 1(3)：37-40。
54.蔡長榮、張宣達、趙敬釗 1983 中華草蛉幼蟲液體人工飼料的研究。昆蟲天敵 5(2)：82-85。
55.蔡長榮、張宣達、趙敬釗 1985 大草蛉人工飼料的初步研究。昆蟲天敵 7(3)：125-128。
56.潘榮松 1966 甘蔗害蟲。臺灣植物保護工作昆蟲篇 235-241頁。
57.鄧國榮、楊皇紅、金孟肖 1981 利用大突肩瓢蟲防治甘蔗綿蚜的研究。昆蟲天敵 3(1-2)：51-55。
58.鄧望喜、楊志慧、楊長舉 1985 倉庫害蟲的生物防治研究進展。生物防治通報 1(3)：20-27。
59.鄧雄、張乃鑫、雷秀芬 1990 西方盲走蟎在蘭州地區蘋果園定植和防治葉蟎效果的觀察研究。生物防治通報 6(2)：54-58。
60.羅幹成 1978 臺灣葉蟎類及防治方法對其天敵之影響。昆蟲生態與防治研討會講稿集 203-215頁。
61.羅幹成 1996 利用益蟎防治害蟲(蟎)之潛力。植保會刊 38：99-110。
62.羅幹成、何琦琛、吳子淦 1986 溫帶梨樹葉蟎類棲群動態及綜合防治之研究。農學團體75年聯合年會特刊 98-111頁。
63.羅幹成、何琦琛、曾信光 1984 草莓葉蟎生態之研究。中華農業研究 33(3)：337-344。
64.羅幹成、邱瑞珍 1986 臺灣柑橘害蟲及其天敵圖說。臺灣省農業試驗所特刊第二十號 75 頁。
65.羅幹成、陳秋男 1995 臺灣農作害蟲生物防治近二十年之進展。植保會刊 37：357-380。
66.羅幹成、陶家駒 1966 臺灣柑橘吹綿介殼蟲之天敵。中華農業研究 15(3)：52-54。
67.羅幹成、陶家駒 1966 臺灣柑橘球粉介殼蟲之天敵。中華農業研究 15(4)：53-56。
68.羅幹成、趙若素 1975 一般農藥對二種紅蟎重要天敵毒性之初步試驗。中華農學會刊新92：81-86。
69.羅益鎮 1981 螃螬土蜂的生物學及其利用的途徑。昆蟲天敵 3(1-2)：96-98。
70.蕭剛柔 1983 澳大利亞農林害蟲生物防治概況。昆蟲天敵 5(4)：251-256。
71.蕭剛柔 1985 中國森林害蟲生物防治研究利用近況。生物防治通報 1(2)：25-35。
72.蕭剛柔 1990 芬蘭有害生物的生物防治近況。生物防治通報 6(3)：143-144。
73.嚴靜君、徐崇華、姚德富、李英梅 1981 六種螳螂生物學特性的研究。昆蟲天敵 3(3)：24-30。

74. Chen, Shoujian. 1985. Integrated pest management especially by natural control in citrus orchards. Natural Enemies of Insects 7(4): 223-231.

75. Clausen, C. P., et al. 1978. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review. U. S. Dept. Agri., Agri. Handbook No. 480, 545 pp.

76. DeBach, P., and Schlinger., E.I. 1964. Biological control of insect pests and weeds. Chapman and Hall LTD. 11 New Fetter Lame London E. C. 4. 844 pp.

77. Dent. D. 1991. Insect pest management. CAB Intemational Wallingfold Oxon OX108DE UK 604 pp.

78. Gerson, U., and Smiley., R. L. 1990. Acarine biocontrol agents: an ellustrated key and manual. Chapman and Hall. London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras. 174 pp.

79. Grossman, J. 1989. Strawberry IPM features biological and mechanical controls. IPM Practitioner 11(5): 29-32.

80. Herren, H. R. 1990. The use of natural enemies to control cassava pests in Africa. Proc. Intern. Seminar "The use of parasites and predators to control agricultural pests". FFTC Book Series No. 40: 60-70.

81. Ho. C. C., Lo. K. C., and Chen., W. H. 1995. Comparative biology, reproductive compatibility, and geographical distribution of *Amblyseius longispinosus* and *A. womersleyi* (Acari: phytoseiidae). Environ. Entomol. 24(3): 601-607.

82. Hoy, M. A. 1982. Recent advances in knowledge of the Phytoseiidae. Proc. Formal Conf. Acarology Soc. Amer, held at the Entomol. Soc. Amer. Meeting, San Diego, Dec. 1981, 92 pp.

83. Kole, M., and Hennekam, M. 1990. Six years of successful biological control in interior plantscapes in the Netherlands. IPM Practitioner 12(1): 68-71.

84. Li. L. Y. 1990. Mass production of *Trichogramma* spp. and *Anastatus japonicus* Ashmead with artificial diets in China. Proc. Intern. Seminar "The use of parasites and predators to control agricultural pests" FFTC Book series No. 40: 207-211.

85. Liu, Zhicheng, Sun, Y., Wang, Z., and Liu, G. 1985. Role of biological control in integrated control of sugarcane insect pests. Natural Enemies of Insects 7(4):216-222.

86. Lo, P. K. C. 1984. The role of a native phytoseiid mite, *Amblyseius longispinosus* (Evans) in the biological control of two spider mites on strawberry in Taiwan. Acarology. VI. Vol. 2: 703-709.

87. Lo, P. K. C. 1984. Present status of biological control of mite pests in Taiwan. Proc. Symp. Biol. Cont. Crop Pests, TARI, 1984: 31-39.

88. Lo, K. C., Lee, W. T., Wu, T. K., and Ho, C. C. 1990. Use of predators to control spider mites (Acarina: Tetranychidae) in the Republic of China on Taiwan. Proc. Intern. Seminar "The use of parasites and predators to control agricultural pests" FFTC Book series No. 40: 166-178.

89. Olkowski, W. 1989. Biological control : a century of success. IPM Practitioner 11(1): 1-2.

90. Olkowski, W. 1989. Biological control of pests succeeds in large scale agriculture. IPM Prac-

titioner 11(3): 12-19.

91.Olkowski, W. 1989. Biological control of aphids what's really involved? IPM Practitioner 11(4): 20-28.

92.Olkowski, W. 1991. Least-toxic pest management in China. A collection of asticles from the IPM Practitioner, BIRC. 102 pp.

93.Olkowski, W., and Thiers., P. 1990. Promising work with preying mantids in Chinese biological control. Biological control for Agricultural pests. 92-95.

94.Olkowski, W., and Zhang., A. 1990. Trichogramma-- a modern day frontier in biological control . IPM Practitioner 12(5/6): 96-110.

95.Olkowski. W., Dietrick, E., and Olkowski, H. 1992. The biological control industry in the United States. BIRC 18 pp.

96.Parrella, M. P., Robb, K. L., Christie, G. D., and Bethke., J. A. 1982. Control of *Liriomyza trifolii* with biological agents and insect growth regulators. Calif. Agric. 36(11/12): 17-19.

97.Pu, Zhelong. 1985. The research and application of biological control of agricultrual insect pests in China. Natural Enemies of Insects 7(4): 208-215.

98.Tao, C. C. and Chiu, S. C. 1971. Biological control of citrus, vegetables and tobacco aphids. TARI Special Publ. No. 10: 1-110.

99.Waite, G. K. 1988. Integrated control of *Tetranychus urticae* in strawberries in southeast Queensland. Exp. & Appl. Acarol. 5: 23-32.

100.Zhang, A., and Olkowski, W. 1989. Ageratum cover crop aids citrus biocontrol in China. Biological control for agricultural pests 11: 54-56.

101.1997 Directory of least-toxic pest control products. IPM Practitioner 18(11/12): 1-39.

Biological Control of Agricultural Pests-a Review and Prospection

Lo, K. C.

Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, R.O.C.

ABSTRACT

This paper described and reviewed past and recent progress made in the more than one century in the biological control of the crop pests in the world, including biological control of different insect pest groups, biological control in different countries, the costs and accruing benefits from some countries for biological control projects, and selection of crops, target pests and their natural enemies that should be introduced for biological control in the future.

(Key words：biological control, crops, target pests, introduction of natural enemies)